



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Timi Puustinen

Telahiomakoneen modernisointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

22.05.2020

Tekijä Otsikko	Timi Puustinen Telahiomakoneen modernisointi
Sivumäärä Aika	22 sivua 22.05.2020
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine	Koneautomaatio
Ohjaaja	Lehtori Heikki Paavilainen
<p>Tämän insinöörityön tarkoituksena oli suorittaa modernisointi telahiomakoneelle.</p> <p>Modernisoinnilla parannetaan koneiden hiontatarkkuutta, jolloin myös lopputuotteen laatu paranee. Modernilla mittalaitteella ja uusilla komponenteilla voidaan minimoida telan pinnan laatuvirheet.</p> <p>Työssä visuaalisesti havainnollistetaan sekä kerrotaan telahiomakoneista, niiden komponenteista, valmistuksesta, toiminnasta ja huollosta.</p> <p>Työ suoritettiin kahdessa eri vaiheessa. Ensimmäiseen vaiheeseen kuuluivat yrityksen tiloissa suoritettavat työt ja toiseen asiakkaan tehtaalla tehtävät työt.</p> <p>Insinöörityön tuloksena oli onnistuneesti suoritettu telahiomakoneen modernisointi, joka lisäsi koneen toimintavarmuutta sekä mahdollisti koneen hallinnan etäyhteydellä.</p>	
Avainsanat	Hionta, telahionta, hiomakone, NC-kone, ohjain päivitys, modernisointi

Author Title	Timi Puustinen Modernization of a Roll Grinding Machine
Number of Pages Date	22 pages 22 May 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Program	Mechanical Engineering
Professional Major	Machine Automation
Instructors	Heikki Paavilainen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to successfully implement the modernization of a roll grinding machine.</p> <p>The modernization of roll grinding machines improves the grinding accuracy of the machines, thus also improving the quality of the product. Modern measuring equipment and components can minimize quality defects on the roll surface.</p> <p>This thesis visually illustrates and describes the purpose of roll grinding machines and their operation, manufacturing process, maintenance, and components.</p> <p>The thesis was carried out in two different phases. The first phase included work at the company's premises, and in the second phase, the work was done at the client's factory.</p> <p>As a result of this Bachelor's thesis, the successful modernization of the roll grinding machine was conducted, which increased the operational reliability of the machine and made it possible to control the machine remotely.</p>	
Keywords	Grinding, grinding machine, NC-machine, control unit update

Sisällys

Lyhenteet ja termit

1	Johdanto	1
1.1	Taustaa	1
1.2	Tavoitteet	1
1.3	Työn rakenne	2
2	Hiomakoneet ja niiden toiminta	2
2.1	Hiomakoneen rakenne	3
2.1.1	Karalaatikko	5
2.1.2	Telan kannatuslaakerointi	5
2.2	Työssä käsitelty kone	6
2.3	Paperikoneen telat	6
2.4	Telahionta	7
2.4.1	Laikkahionta	8
2.4.2	Nauhahionta	9
2.5	Bombeeraus	10
2.6	Valssihionta	11
2.7	Työkappaleen mitta	12
2.7.1	Mittausmenetelmät	12
2.7.2	Mittausvirheet	13
2.8	Hiomakoneen ohjauslaitteet	14
2.8.1	Kenttäväylät	15
2.8.2	NC-ohjain, Sinumerik 840D SL NCU 720.3B	15
2.8.3	Microbox PC SIMATIC IPC427E	15
2.8.4	MCP / HHU / HMI-näyttö	15
2.8.5	SIMATIC ET 200M IO-kortit	16
2.8.6	Moottorien käytöt	16
2.8.7	Mittalaite (anturit, SME-muuntimet, drivecliq)	17
3	Telahiomakoneen modernisointi	17
3.1	Yrityksen tiloissa tapahtuvat työt	17

3.2	Asiakkaan tehtaalla tapahtuvat työt	18
4	Käyttöönotto	19
5	Tulokset	21
6	Yhteenveto	21
	Lähteet	22

Lyhenteet ja termit

HHU	<i>Handheld unit</i> , Hiomakoneen käsiohjain.
HMI	<i>Human machine interface</i> , koneen käyttöliittymä.
Karapylkkä	Hiomakoneen se pääty, josta käsin valssia pyöritetään. Käsittää valssin/telän pyöriksen moottorin, voimansiirron ja tarvittavan mekaniikan energian siirtämiseksi työkappaleen pyörimiseksi.
Kärkipylkkä	Hiomakoneen se pääty, josta ei välitetä vetoa työkappaleeseen. Kärkipylkällä painetaan valssia/telaa kohti karapylkkää, jotta se asemoituu oikein ja pysyy paikallaan.
MCP	<i>Machine control panel</i> , koneen ohjaus paneeli.
NC	<i>Numerical control</i> , numeerinen ohjaus.
PLC	<i>Programmable logic controller</i> , ohjelmoitava logiikka. Automaatioprosessin ohjaamiseen käytettävä tietokone, jossa on tulo- ja lähtökortteja siihen kytettäviä laitteita varten.

1 Johdanto

Johdannossa kerrotaan työn taustasta, tavoitteista ja rakenteesta.

1.1 Taustaa

Insinööriyön tilannut yritys toimittaa hiomakoneiden modernisointeja paperi- ja metalliteollisuuteen. Paperiteollisuudessa hiomakoneita käytetään paperikoneen telojen hiomiseen. Metalliteollisuudessa hiomakoneita käytetään pääasiassa valssaimien valssien hiomiseen. Hiomakoneiden modernisoinnit yleensä sisältävät mekaanisen kunnostuksen lisäksi sähkökomponenttien esim. sähkömoottoreiden vaihdon ja niiden käyttöjen uusimisen sekä uuden ohjausjärjestelmän. Modernisoinnin yhteydessä hiomakoneeseen usein myös lisätään tai vaihdetaan mittalaite, jonka avulla voidaan mitata tarkasti työkappaleen geometriaa. Geometrian mittaamisella saadaan tarkka kuva kappaleen muotovirheistä. Työkappaleessa virheitä voi esiintyä halkaisijan vaihteluina kappaleen pituussuunnassa sekä ympyrämäisyysvirheenä kappaleen säteissuunnassa. Mittauksista saatua tietoa voidaan hyödyntää kappaleen hionnassa.

Työkappaleen muotovirheet kopioituvat herkästi lopputuotteen virheiksi, minkä vuoksi kappale tulee hioa tarkasti oikeaan muotoon ja halkaisijaan, jotta lopputuotteen laatu saadaan riittävän hyväksi. Hiontaan käytettävät laitteet ja komponentit ovat hyvin samantaisia, vaikka telojen ja valssien hiontaprosessit eroavat toisistaan merkittävästi.

1.2 Tavoitteet

Insinööriyön tavoitteena on onnistuneesti päivittää Voithin vuonna 1990 valmistama WP 7/13.5 -hiomakoneen ohjausjärjestelmä. Tässä modernisointityössä ei ole tarkoitus suorittaa mekaanista huoltoa, työssä suoritetaan vain ohjaimen päivitykseen vaadittavia sähkötöitä. Insinööriyön tilannut yritys on toimittanut hiomakoneeseen aikaisemmin jo mittalaitteen, joten työssä varmistetaan sen toimivuus ja suoritetaan testauksessa ilmevät huoltotoimet.

1.3 Työn rakenne

Modernisointityö voidaan jakaa eri työvaiheisiin: yrityksen tiloissa tehtävät työt sekä asiakkaan tehtaalla suoritettavat työt.

Yrityksen tiloissa pyritään suorittamaan mahdollisimman paljon alkuvalmisteluita, jotta työt tehtaalla sujuisivat mahdollisimman nopeasti. Näitä töitä ovat sähkökuvien teko, komponenttien tilaus ja alkutestaus, alustavan PLC-ohjelman teko TIA-portaalilla sekä työkalujen ja komponenttien pakkaus ja lähetys.

Tehtaalla suoritettavia töitä ovat vanhojen sähkökomponenttien purku, uusien komponenttien asennus, kaapelointityöt, keskuskytkennät, mahdolliset mekaniikkahuollot sekä NC/PLC-ohjelmien testaus ja vianmääritys.

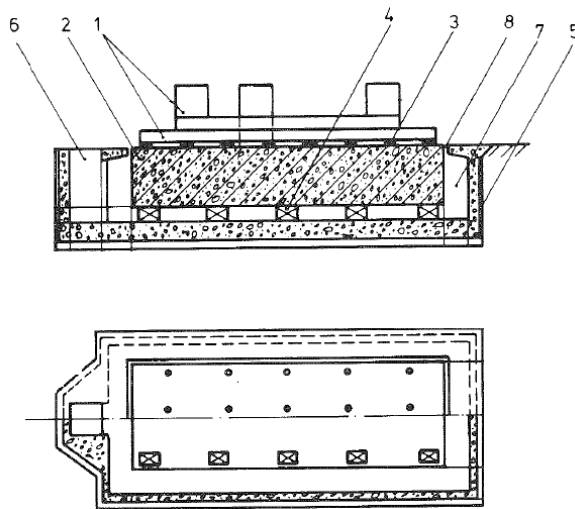
2 Hiomakoneet ja niiden toiminta

Tässä luvussa kerrotaan hiomakoneiden pääkomponenteista, teloista, valsseista sekä tela- ja valssihionnan tärkeydestä ja menetelmistä.

Telat ovat paperikoneen osia, jotka ovat olennainen osa paperin valmistusta. Paperimassa kulkee telojen pinnalla. Paperikoneessa teloja voi olla useita kymmeniä kappaleita. Terästeollisuudessa telaa muistuttavia kappaleita kutsutaan valsseiksi. Valssauksessa teräsaihiota kuljetetaan valssilaitteen valssien välistä. Valssilaitteeseen kuuluu yleensä useampia valssituoleja. Valssituoliin kuuluu työvalssit ja tukivalssit. Valssaamisella on tarkoitus muokata metallin rakennetta lujemmaksi.

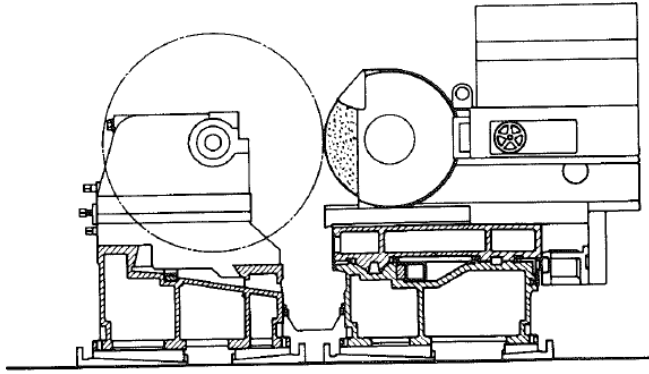
2.1 Hiomakoneen rakenne

Paperikoneen telojen hiontaan käytettävät telahiomakoneet ovat suuria koneyksiköitä. Niiden vaatima tilantarve on noin 3,5 – 5 m x 15 – 20 m ja paino voi vaihdella 50 – 130 tonnin välillä. Rakennusvärinöiden kulkeutuminen ja hiontatulokseen vaikuttaminen perustuksien kautta on estetty asentamalla hiomakone raskaan betoniperustuksen päälle, joka on usein vielä jousitettu. (Kuva 1.) Hiomakoneeseen kuuluu myös aina jäähdytys-nestejärjestelmä seostusaltaineen.



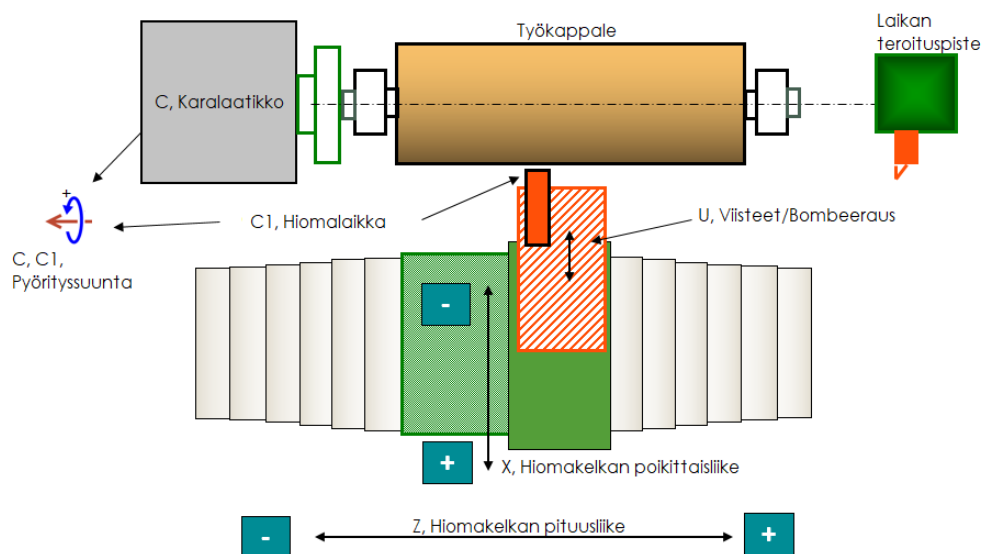
Kuva 1 Telahiomakoneen asennus teräsbetonikappaleen varaan. 1. hiomakone 2. betonikappale 3. asennuskiilakengät 4. joustinkappaleet 5. pohjavedestä eristetty perustuskuoppa 6. kulkuaukko 7. kulkukäytävä 8. tiivistetty rako. (1, s. 1182.)

Telahiomakoneen pääosia ovat johderunko työkappaleen tukipylkkiä varten, erillinen johderunko hiomakelkkaa varten, karalaatikko työkappaleen pyöritystä varten, työkappaleen tukipylkät, kärkipylkki sekä hiomakelkka. (kuva 3.) Kuvan 3 hiomakelkka on yksinkertaistettu. Hiomakelkassa on yleensä hiomalaikka ja sen akseli voiteluineen. Hiomalaikan moottori on yleensä omalla kolkalla, joka joustoelementin avulla seuraa varsinaista hiomakelkkaa. Joustoelementti on joko hiomalaikan akselin kiilahihnat, levyjouset yms. Hiomalaikan ja työkappaleen pyörimisnopeus ja hiomakelkan liikenopeus poikittais- ja pitkittäissuunnassa on portaattomasti säädettävissä. Hiomakoneisiin voidaan myös kiinnittää muita työkaluja, kuten sorvin- tai sahanteriä. (1, s. 1172.)



Kuva 2 Telahiomakoneen hiomakelkan ja runkorakenteen periaate. Työkappaleen kannatuksen ja hiomakelkan johderungot ovat erilliset. (1, s. 1173.)

Hiomalaikan kulkua hiottavaan telaan nähden ohjataan hiomakelkan runkojohteilla. Hionta pyritään suorittamaan jopa mikrometrin tarkkuudella, joten tämä asettaa johteiden tarkkuudelle, suoruudelle ja yhdensuuntaisuudelle suuret vaatimukset. Johteiden pystysuuntaiset suoruuspoikkeamat eivät ole ratkaisevia, mutta vaakasuuntaiset poikkeamat hiomakelkan johteissa aiheuttavat kaksinkertaisen virheen telan halkaisijamittaan. (1, s. 1173.)



Kuva 3 Layoutkuva hiomakoneesta

Nykypäiväisessä hiomakoneessa on neljästä kymmeneen numeerisesti ohjattua liikeakselia. Normaalisti akseleiden ja liikesuuntien nimeäminen vaihtelee asiakkaan tai valmistajan mieltymyksen mukaan. (2, s. 19.)

Hiomakoneen sijainti tehtaassa täytyy myös valita tarkoin. Huonetilan lämpötilan täytyy olla mahdollisimman tasainen. Hiomakonetta ei saa sijoittaa ulkoseinien, lämpökanavien, eikä muiden lämpötilaeroa aiheuttavien rakenteiden läheisyyteen. Sijoituksessa tulee myös ottaa huomioon auringon säteily sekä voimakkaat ilmanvirtaukset. Nämä seikat vaikuttavat niin hiomakoneeseen, kuin myös itse hiottaviin teloihin. Telojen toispuoleinen lämpiäminen aiheuttaa teloihin taipumaa, joka vaikuttaa hiontatulokseen. (1. s. 1182.)

2.1.1 Karalaatikko

Karalaatikko sisältää telan pyöritystä varten tarvittavat käyttökaran, käyttölaatikon, kiilahihnavälityskoneiston, pääkäyttömoottorin, alkukäynnistyslaitteiston ja muita lisälaitteita. Tela kytketään käyttökaraan telasta riippuen usein nivelakselilla. (1, s. 1177.)

2.1.2 Telan kannatuslaakerointi

Tela tuetaan aina sen laakereiden kohdalta, näin varmistetaan hyvä hiontatulos. Tuen-tamenetelmiä on kolme. Tela voidaan tukea omien laakeripesien varassa, vierintälaakereiden ulkorenkaiden varassa tai siten, että laakeri puretaan kokonaan pois ja tela tuetaan akselitapeista vierintälaakereiden kohdalta tukipylkkien liukulaakereiden varaan. (Kuva 4.) (1, s. 1178.)

2.2 Työssä käsitelty kone

Työssä suoritettu ohjainpäivitys tehtiin 1990-luvulla valmistetulle Voith WP 7/13.5 hio-
makoneelle. Se oli pituudeltaan noin 15 m ja leveydeltään 5 m. Hiomakone sijaitsi Rans-
kassa. Tässä koneessa liikeakselit oli nimetty seuraavasti:

C-akseli karanpyöritys, C1-akseli hiomalaikan pyöritys, Z-akseli hiomakelkan liike pituus-
suunnassa, X-akseli hiomakelkan liike poikkisuunnassa, X1-akseli mittalaitteen poikit-
taisliike (Kuva 3.).

Näiden akseleiden lisäksi useissa koneissa on myös U-akseli, jolla voidaan tehdä tar-
kempia liikkeitä hiomalaikalla, liikuttamalla X-kelkan yläosaa kallistamalla sitä kohtisuo-
rasti työkappaletta kohden. U-akselilla hiotaan viisteet ja bombeeraus-muodot telaan
sekä korjataan mahdolliset muotovirheet, sen liikealue on vain muutamia millimetrejä.
Työssä käsitellyssä koneessa ei ole U-akselia, mutta koneen X-akselissa on lähes vä-
lyksetön ruuvimekanismi, jonka takia tarkemmat hiontamuodot pystytään suorittamaan
koneen X-akselilla, eikä U-akselia tarvita.

2.3 Paperikoneen telat

Paperin laatuun vaikuttavat suuresti paperikoneen telojen mekaaninen kunto ja telan
pinnoitteen pinnan laatu. Pinnoituksen kuluminen johtaa paperin laadun heikkenemiseen
ja paperikoneen ajettavuusongelmiin. Näistä syistä teloja pitää huoltaa säännöllisin vä-
liajoin, jotta vaadittu paperin pinnanlaatu säilyy. Telan huoltotoimenpiteisiin kuuluu mm.
laakereiden vaihto/huolto, uudelleen pinnoitus ja pinnan hionta sekä muita mekaanisia
huoltoja. Teloja pinnoitetaan erilaisilla pinnoitteilla riippuen niiden tehtävästä paperiko-
neessa. Pinnoitteita valmistetaan mm. kumista, polyuretaanista, polymeeristä, komposii-
tista, keraamista ja teräksestä. Normaaleiden sileäpintaisten telojen lisäksi käytetään
myös erikoisteloja, joita ovat mm. imu- ja muodostustelat, onsipintatelat, kivitelat, levitys-
telat, tampouritelat, ilmapuhallustelat sekä jäähdytys-lämmitysvaippaiset telat. Erikoiste-
lat voidaan myös pinnoittaa. Edellä mainittuja kiviteloja ei enää nykypäivänä käytetä lain-
kaan. Kivitelojen ongelmana on se, että ne rikkoutuvat jossain vaiheessa kesken työn,
tuhoten sen paperikoneen osan, missä ne sattuvat sijaitsemaan. (1, s. 1085.) (Kuva 4.)



Kuva 4 Tela tukipylkkien päällä omien laakeripesien varassa ja kuva hiontaprosessista.

2.4 Telahionta

Telahionta on tärkeä osa huoltoprosessia. Hionnalla pidetään paperin laatu hyvänä sekä minimoidaan ongelmat paperikoneessa. Oikein ajoitettu ja suunniteltu hionta minimoi pinnoitemateriaalin poiston hionnassa, näin ollen telan käyttöikä kasvaa ja paperikoneen ajettavuus säilyy hyvänä.

Telan hionnassa pyritään pieneen pinnankarheuteen ja suureen mitta- ja muototarkkuuteen. Tärkeitä telahionnan kriteereitä ovat kappaleen lieriömäisyys, ympyrämäisyys, heitottomuus ja eri bombeeraus-profiilit. (1, s. 1168.)

Hiontaan vaikuttaa myös telojen ulkoiset ominaisuudet. Osa teloista on raskaita ja suuria, toiset taas halkaisijaan nähden pitkiä ja ohutseinäisiä, minkä seurauksena telat ovat herkkiä värinälle ja taipumalle. Hionnasta ei saa jäädä telojen pintaan hiomakoneen työstövirheitä, kuten värinämerkkejä tai syöttöraitoja. Telat tulee voida hioa virheettömiksi

omien laakeripesiensä varassa. Tela ei saa myöskään lämmetä hionnan aikana, eikä se saa taipua hiontapaineesta tai muusta syystä. Edellä mainittujen syiden takia, hiomakoneelle ja hiojan ammattitaidolle asetetaan suuret vaatimukset. (1, s. 1168.)

2.4.1 Laikkahionta

Pyöröhionnaksi kutsutaan hiontaa, jossa työkalua ja hiomalaikkaa pyöritetään vastakkaisiin suuntiin. Hiomalaikka on joustamaton ja välittää erittäin herkästi hiomakoneen värähtelyistä aiheutuvat virheet telan pintaan. (4, s. 28.)

Hiomalaikat koostuvat hiomajyvistä, sideaineista ja niiden väliin jäävistä huokosista. Sidosaine pitää telan pintaa leikkaavat hiomajyvät paikallaan. Hiomalaikan kovuus on suoraan verrannollinen sidosaineen määrään. Mitä enemmän sitovaa ainetta laikassa on, sitä vahvempia sidoksista tulee ja laikan kovuus kasvaa. Huokoinen rakenne mahdollistaa jyvien irtoamisen hionnassa niiden ollessa tarpeeksi kuluneita, paljastaen uusia hiontajyviä sekä päästää jäähdytysnesteen laikan ja telan pinnan väliin. Hiomalaikkoja myös teroitetaan säännöllisin väliajoin, jotta hiomalaikassa pysyy tasainen ja hyvän laatuinen pinta. Hiomalaikat teroitetaan teroituspisteessä. Aiemmin mainitussa Kuvassa 3 näkyy, miten hiomalaikan teroituspiste on yleensä koneeseen sijoitettu. Teroittamalla voidaan myös tehdä erilaisia muotoja hiomalaikkaan, erityisiä hiontatarkoituksia varten.

Hiomalaikan valintaan vaikuttaa suuresti käsiteltävä raaka-aine, poistettavan aineen määrä, tarkkuus ja haluttu pinnan laatu, telan koko ja kontaktipinnan koko, hiomaneste (kuiva-/märkähionta), konetyyppi, koneen kunto, hiomalaikan ja telan nopeus, sekä hiojan tiedot ja taidot. (4, s. 28.)



Kuva 5 Hiomalaikka hiomakoneessa

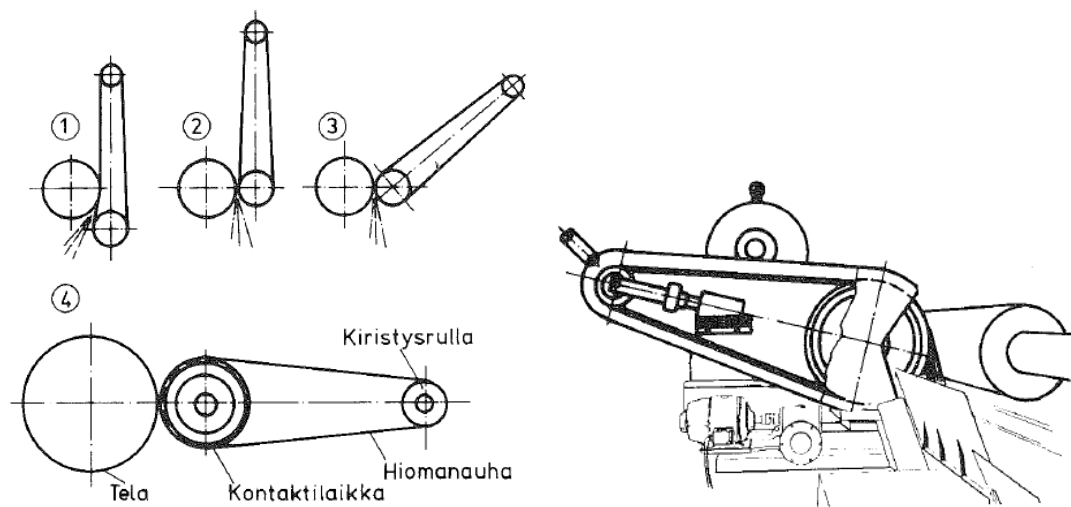
2.4.2 Nauhahionta

Nauhahiomalaite koostuu kontaktilaikasta ja kiinnitysruillasta sekä niiden kautta kulkevasta hiomanauhasta, jonka pinnassa olevat jyvät lastuavat telan pintaa. Hiomanauhan kireyttä säädetään kiristysruillalla. Kuvassa 6 on esitetty periaatekuvat nauhahionnan mahdollisista hionta-asennoista. Nauhahionnassa käytetään samoja hiontaohjelmia kuin laikalla hiomisessa. Nauhahionta on nopeampaa kuin laikalla hionta, eikä hiomanauha sen joustavuuden takia välitä hiomakoneen värähtelyitä yhtä tarkasti hiontajälkeen. (1, s. 1186.)

Hiomanauhat kuten hiomalaikatkin valmistetaan eri materiaaleista ja karheuksista. Eri-tyisen tärkeää nauhan rakenteessa on, että nauha olisi mahdollisimman yhtenäinen ja tasapintainen, eikä liitoskohta jätä telan pintaan ylimääräistä jälkeä hionnan aikana. Viimeistelyhionnoissa tätä ongelmaa ei synny, koska nauha ei ole päättymätön vaan se

rullataan kelalta toiselle. Viimeistelyhionnalla ei ole tarkoitus enää muuttaa telan muotoa, sillä lähinnä poistetaan laikan tai nauhan aiheuttamat nousujäljet. (4, s. 30.)

Samat muuttuvat tekijät vaikuttavat hiomanauhan valintaan, jotka vaikuttavat laikan valintaan. Nauhojen vaihtoväli on laikkojen vaihtoväliä huomattavasti suurempi, sillä ne ovat hyvin ohuita. Hiomanauhan karheutta muutetaan hionnan aikana useasti paremman pinnanlaadun saavuttamiseksi. Hiomanauhan vaihto on myös nopeampaa kuin laikan. Laikka saatetaan joutua tasapainottamaan vielä erikseen, mikä lisää vaihtoon kuluva aikaa.



Kuva 6 Nauhahionnan periaatteet sekä nauhahionta laite hiomakoneessa. (1, s. 1176)

2.5 Bombeeraus

Telat ja valssit voidaan hioa siten, että kappale on päädyistä halkaisijaltaan saman paksuinen ja keskeltä hieman päätyjä halkaisijaltaan paksumpi. Tätä kutsutaan bombeeraukseksi. Bombeeraushionta toteutetaan hiomakoneilla CNC-ohjatusti. Hiomakone automaattisesti säätää säteittäistä syöttöliikettä hionnan aikana hiojan antamien bombeerauskäyrien mukaisesti. (3, s. 22.)

Bombeeraus muotoja käytetään teloissa erityisesti silloin, kun halutaan paperimassan pysyvän paperiradan keskiosassa.

2.6 Valssihionta

Terästeollisuudessa valssausprosessissa käytettävät lämpötilat sekä voimat aiheuttavat suurta rasitusta ja kulumista valsseille, näin ollen valsseja joudutaan vaihtamaan usein. Lyhyen vaihtovälin takia, valssien hionta on kriittinen työvaihe koko valmistusprosessia ajatellen. Usein valsseja hiotaan monella hiomakoneella kolmessa vuorossa kerralla, jotta tuotannossa riittäisi hyvälaatuisia valsseja. Mikäli valsseja ei vaihdeta tarpeeksi usein, niihin muodostuneet virheet pilaavat lopputuotteen. On myös mahdollista, että valssi kuluu niin paljon, että valssauksen aikana siitä lohkeaa pala, mikä aiheuttaa mitattavat vahingot muihin valsseihin sekä muuhun valssauskalustoon. (2, s. 10.)

Valssien hiontakalusto ei poikkea suuresti telahiontalaitteistosta. Hiontamenetelmät ovat erilaiset. Valsseilla voi olla tarkemmat pinnankarheus- ja muotovaatimukset kuin paperiteloilla, jos niillä valssataan esimerkiksi alumiinifoliota. (1, s. 1171.)

Valssit ovat teloihin nähden usein painavampia sekä pituudeltaan lyhyempiä, eikä valsseja pinnoiteta kuten teloja. Valssit ovat myös usein umpiterästä. Edellä mainituitten seikkojen takia, valsseihin ei tule yhtä herkästi ympyrämuotoisuuksivirheitä kuin teloihin. Valsseissa virheet näkyvät halkaisijaprofiiliin muokkautumisena. (2, s. 14.) (Kuva 7.)



Kuva 7 Esimerkkikuva valsseista

2.7 Työkappaleen mittaus

2.7.1 Mittausmenetelmät

Hiomakoneesta aiheutuvat systemaattiset, mitattavissa olevat virheet pystytään kompensoimaan hiomakoneen ohjausjärjestelmän avulla. Työkappaleen halkaisijavaihtelu ja halkaisija mitataan yleensä hiomakoneen omalla mittalaitteella ja mittaustuloksia verrataan asetettuihin toleransseihin ja raja-arvoihin. Hiontaa jatketaan niin kauan, kunnes työkappaleen halkaisijavaihtelu on saatu sallittuihin arvoihin. Mittaukset suoritetaan hiomakoneeseen asennetulla mittalaitteella, jonka mittakaassa on neljä mittaustanturia (S1, S2, S3, S4). Kaksi anturia on sijoitettu 180° päähän toisistaan (S1, S4) ja muut anturit on sijoitettu näiden väliin tiettyihin kulmiin. Tällä menetelmällä on saatu yhdistettyä kaksi mittausten menetelmää, kaksipiste- ja monipistemenetelmä. Mittakaari on tehty hiilikuidusta. Hiilikuidulla mittakaaren rakenne saadaan kevyeksi ja jäykäksi. Kaaren kevyt rakenne helpottaa käsittelyä, ja jäykkyys estää taipumisesta syntyvät mittausvirheet. Hiilikuidulla on myös erittäin pieni lämpölaajenemiskerroin, jolloin ympäristön lämpötilavaihtelusta aiheutuvat virheet jäävät pieniksi.

Työkappaleen halkaisijavaihtelun mittaamiseen käytetään kaksipistemenetelmää. Siinä mitataan käyttäen vain kahta vastakkaista mitta-anturia, jotka sijaitsevat työkappaleen keskilinjalla. Halkaisijanvaihtelu mitataan paikallaan olevasta kappaleesta, ajamalla mittalaitteella työkappaleen päästä päähän. Tällä menetelmällä saadaan myös mitattua työkappaleen kartiomaisuus sekä linjausvirhe. Halkaisijavaihtelun ja tavoiteprofiilin erotuksesta saadaan määritettyä halkaisijaeroprofiili, tätä kutsutaan CD-profiiliksi. Tässä mittauksessa usein myös ajetaan mittalaitteen ylin anturi mittauskosketukseen. Tällä saadaan mitattua kappaleen pystysuuntainen linjausvirhe sekä mahdollinen taipuma. (2, s. 29.)

Monipistemenetelmällä mitataan työkappaleen ympyrämuotoisuusprofiili. Tässä mittauksessa käytetään mittalaitteen kaikkia neljää anturia. Ympyrämuotoisuusprofiilista käytetään nimitystä MD-profiili. Termit CD ja MD tulevat paperiteollisuudesta ja viittaavat paperiradan suuntiin. CD on koneen poikkisuunta ja MD on pituussuunta. MD-mittaus suoritetaan pyörivästä työkappaleesta, kolmesta eri pisteestä, kappaleen molemmista päistä sekä keskeltä (Kuva 8.). Monipistemenetelmän käyttö ympyrämuotoisuusprofiilin mittauksessa

pyörivälle kappaleelle, on tarpeen pyörimisestä aiheutuvan pyörimiskeskiön liikkeen takia. Pyörimiskeskiön liike aiheutuu mm. laakeroinnin epätarkkuuksista, kappaleen jäykkyysvaihteluista, epätasaisesta lämpöjakaumasta ja painovoiman aiheuttamasta taipumasta. (2, s. 30.)



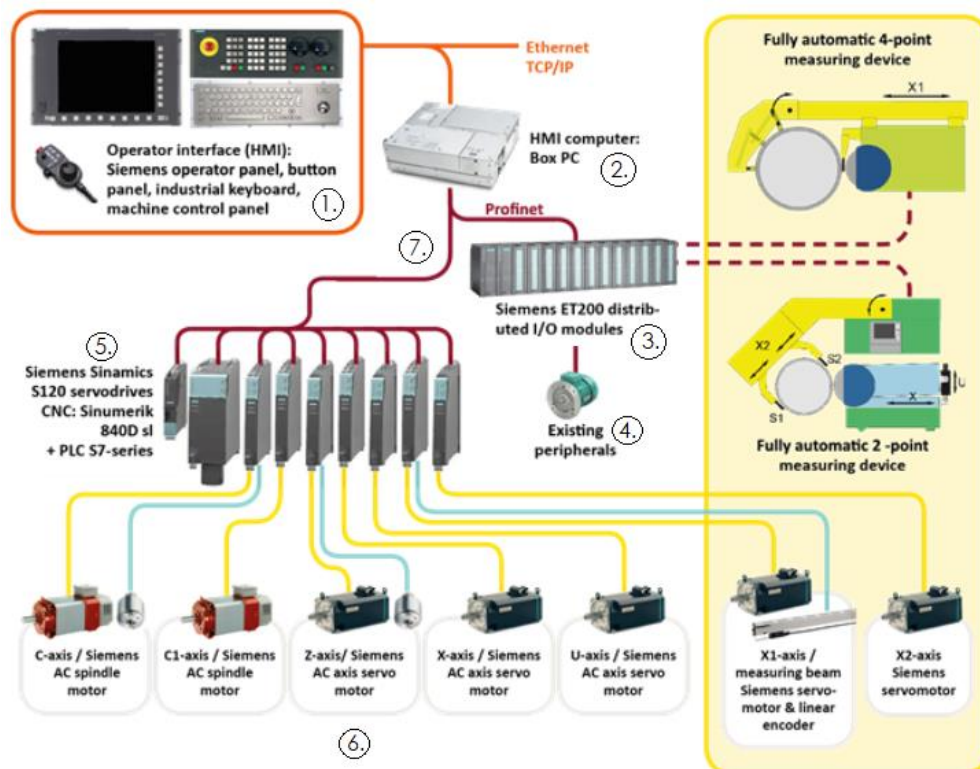
Kuva 8 Käynnissä oleva MD-mittaus.

2.7.2 Mittausvirheet

Työkappaleista mitataan mikrometrejä, eli millimetrin tuhannesosia. Tämä asettaa haasteita mittalaitteelle, myös ulkoiset häiriötekijät täytyy ottaa huomioon. Mittaustapahtumasta tulee minimoida mahdollisimman paljon virhetapahtumia. Virheitä voi muodostua muun muassa hiomakoneen kelkan johdevirheistä, eri lähteistä muodostuvista värähtelyistä, mitattavan kappaleen epäpuhtaudesta sekä mittaustilan lämpötilavaihteluista.

2.8 Hiomakoneen ohjauslaitteet

Hiomakoneet ovat nykyään pääsääntöisesti NC-koneita (*numerical control*) eli numeerisesti ohjattuja työstökoneita. Työstökoneen automaatiojärjestelmän pääkomponentit ovat numeerinen ohjain (NC, *numerical control*), ohjelmoitava logiikka (PLC, *programmable logic controller*) sekä käyttöliittymä (HMI, *human-machine interface*). Näiden lisäksi tarvitaan myös muita ohjaamiseen ja mittaamiseen käytettäviä laitteita. (Kuva 9.) Tässä kappaleessa käydään läpi näistä muutamia olennaisimpia. (7, s. 22.)



Kuva 9 Layout-kuva hiomakoneen automaatiojärjestelmästä. 1. Ohjauspaneeli 2. Microbox PC 3. ET200S logiikan hajautusmoduuli 4. Käyttölaitteet 5. Siemens Sinamics Servokäytöt 6. Akseleiden servomoottorit 7. Profinet-kenttäväylä

2.8.1 Kenttäväylät

Kenttäväylät on teollisuusautomaatiossa käytetty tekniikka. Tällä tekniikalla voidaan yhdistää eri laitteistoja toisiinsa ilman, että tarvitsee kaapeloida jokaista laitetta erikseen. Kenttäväylä mahdollistaa prosessitason mittauksen ja säädön samoja reittejä käyttäen. Kenttäväyliä on useita erilaisia. Väylän valinta riippuu paljon asiakkaan toiveesta, käytössä olevista laitteista ja tiedon siirron vasteajoista. (5.)

Insinööriyössä käsiteltävässä hiomakoneessa käytettiin ASi, Profibus, Profinet ja Drivecliq -väyliä.

2.8.2 NC-ohjain, Sinumerik 840D SL NCU 720.3B

NCU 720.3B on yksi Siemensin monista NC-ohjaimista. 720-sarjan ohjaimessa on, sisäänrakennettu Siemensin S7 300-sarjan logiikkaohjain. Tällä NC-ohjaimella voidaan numeerisesti ohjata kymmeniä liikeakseleita, mutta nämä on rajoitettu maksullisten lisenssien taakse.

2.8.3 Microbox PC SIMATIC IPC427E

Microbox industrial PC on Siemensin valmistama tietokone teollisuuskäyttöön. Sillä voidaan toistaa näytölle koneen käyttöliittymä operaattorille, sekä käyttöönottovaiheessa suorittaa moottorin ohjausyksiköiden konfigurointia tai PLC-ohjelmien tekoa yms.

2.8.4 MCP / HHU / HMI-näyttö

Koneen eri toimintoja ohjataan MCP-paneelilla, (*machine control panel*) eli koneen ohjauspaneelilla (Kuva 10.). Sillä voidaan ajaa eri akseleita manuaalisesti sekä vaikuttaa niiden liikenopeuksiin. Ohjauspaneelista löytyy myös mm. valinnat automaattiajolle, ohjelmarivi kerrallaan ajolle, akseleiden käyttöluja ja ohitusvalinnat, sekä hätäseispainike. Koneen ohjauspaneelin näppäimet ovat uudelleen ohjelmoitavissa PLC-ohjelman kautta.

HHU (*handheld unit*) eli käsiohjain on pieni koneen käyttöohjain, jolla voidaan ajaa koneen pääakseleita. Käsiohjain mahdollistaa sen pitkän kaapelin avulla, koneen ajamisen muualta kuin operointipaneelin lähetyviltä.

HMI (*human machine interface*) on koneen käyttöliittymä. Sitä varten on erillinen näyttö, jossa voi olla myös omia painikkeita, jolla käytetään käyttöliittymää.



Kuva 10 Hiomakoneen ohjauspaneeli, jossa MCP, HHU ja HMI-näyttö

2.8.5 SIMATIC ET 200M IO-kortit

PLC-hajautusmoduuleita käytetään siirtämään I/O kortit lähemmäs toimintapaikkaa. Tämä mm. vähentää kaapeloinnin tarvetta ja häiriöitä antureiden signaaleissa sekä helpottaa vikojen määrittämisessä.

2.8.6 Moottorien käytöt

Työstökoneen akseleita liikutetaan servomoottoreilla. Niillä saadaan käyttöön suuremmat momentit pienemmillä nopeuksilla, sekä niillä voidaan suorittaa tarkempia liikkeitä kuin normaaleilla oikosulkumoottoreilla.

Servomoottoreita ohjataan Siemensin moottorimoduuleilla, joita NC-ohjain hallitsee.

2.8.7 Mittalaite (anturit, SME-muuntimet, drivecliq)

Mittalaitteessa on Heidenhain valmistajan lineaari-mitta-anturit, joilla mitataan kappaleen geometriavirhettä. Antureista mittaustieto siirtyy 1Vpp analogisena signaalina signaali-muuntimeen, jossa antureiden analoginen signaali muunnetaan digitaalseksi.

3 Telahiomakoneen modernisointi

Tässä luvussa kerrotaan työstökoneen modernisointityöhön käytetyistä työvaiheista ja menetelmistä. Työvaiheet on jaoteltu toimistolla tehtäviin töihin sekä tehtaalla tehtäviin töihin.

3.1 Yrityksen tiloissa tapahtuvat työt

Työstökoneen modernisointityö aloitettiin tekemällä koneen sähkökuviin tarvittavat muutokset. Sähkökuviin lisättiin mm. logiikkamoduulit I/O lähtöineen, NC-ohjain, moottorimoduulit sekä muut uudet komponentit. Sähkökuvien on oltava huolellisesti tehty, sillä niiden perusteella tehdään logiikkaohjelma sekä mahdolliset muutosasennukset tehtaalla. Kuvien muutokset tehtiin EPLAN-sovelluksella.

Sähkökuvien perusteella aloitettiin tekemään logiikkaohjelmaa. Tässä työssä koneesta oli olemassa jo logiikkaohjelma, joten olemassa olevaan ohjelmaan tehtiin muutoksia. Logiikkaohjelmointiin käytettiin Siemensin TIA Portal-sovellusta. Edellinen ohjelma oli tehty Siemensin vanhemmalla ohjelmalla STEP7 Simatic managerilla. Logiikkaohjelman siirto STEP7-sovelluksesta TIA Portaaliin aiheutti ongelmia, suurin osa ohjelmasta jouduttiin kopioimaan käsin sovelluksesta toiseen. Kun vanha ohjelma saatiin kopioitua uuteen sovellukseen, voitiin aloittaa tarvittavien muutoksien tekeminen.

Logiikkaohjelman tekeminen aloitettiin luomalla hardware configuration (*HW config.*). HW config:iin lisätään komponentit, joita koneen ohjauksessa käytetään. Komponentit

lisätään niiden tuotenumeroilla. Komponenttien lisäyksen jälkeen niiden väyläosoitteet asetetaan halutuiksi, jotta logiikka voi kommunikoida laitteiden kanssa.

Seuraavaksi suoritettiin I/O listan päivittäminen. Päivitys tehtiin sähkökuvien perustella. I/O-listan päivityksen jälkeen tehtiin muutokset muuhun ohjelmaan. Logiikkaohjelmasta muutettiin tarvittavien lisälaitteiden kuten voitelujärjestelmien ohjaukset toimimaan oikein. Erilaisten hälytyksien ja varoitusten ohjaukset korjattiin. Hälytyksiin kuuluu, muun muassa sulakevirheilmoitukset.

Logiikkaohjelman teon jälkeen aloitettiin alkutestaus. Siinä pyritään muodostamaan komponenteista ennen niiden lähetystä tehtaalle, samanlainen konfiguraatio kuin tehtaalla olisi. Testauksessa varmistettiin komponenttien kommunikointi logiikan kanssa. Testauksessa käytiin myös läpi koneen NC-ohjelmaa ja suoritettiin ajotestejä.

Alkutestauksen jälkeen komponentit pakattiin huolellisesti takaisin alkuperäisiin laatikoihin ja lähetettiin tehtaalle työkalujen sekä muiden tarvikkeiden kanssa.

3.2 Asiakkaan tehtaalla tapahtuvat työt

Tehtaalla työt aloitettiin tutustumalla tehtaaseen ja sen työturvallisuusjärjestelyihin. Pienen perehdytyksen jälkeen kunnostettavan koneen NC-ohjaimesta otettiin varmuuskopio NC- ja PLC-ohjelmasta. Kopiolla voidaan palauttaa vanhat koneen ohjelmat ja asetukset. Varmuuskopioiden valmistuttua sammutettiin koneesta kaikki sähköt ja aloitettiin purku. Hiomakoneesta purettiin tarpeettomaksi jäävät kaapelit sekä vanhat ohjauspaneelissa olleet komponentit. Purun jälkeen suoritettiin uusien kaapeleiden veto, komponenttien asennukset sekä kytkennät.

4 Käyttöönotto

Asennustöiden valmistuttua käännettiin sähköt takaisin päälle ja aloitettiin käyttöönotto, vianhaku ja määrittäminen. Uusien komponenttien asennuksessa esiintyy aina kommunikointi- tai muita virheitä, joista on päästävä eroon, jotta koneen voi käynnistää. Ennen käynnistystä tarkistettiin hätäseispiirien toimivuus, jotta koneen pysäytys mahdollisissa vikatilanteissa on mahdollista. Työstettävän koneen hätäseispainikkeet sijaitsivat koneen ohjauspaneelissa, karalaatikossa, käsiohjaimessa sekä pääsähkökaapissa. Koneessa oli myös liikeakseleissa päätyrajat, jotka aiheuttivat hätäseispiirin laukeamisen. Päätyrajat ovat niin sanotut hätärajat, joka on useasti erillinen piiri. Tämän piirin voi ohittaa avaimella. Hätäseispiirin tarkistuksen jälkeen testattiin liikeakselien toiminta. Koneessa oli kaikkiaan seitsemän liikutettavaa akselia. Akselit olivat Z (hiomakelkan koneen suuntainen liike), X (hiomakelkan koneen kohtisuora liike), X1 (mittalaitteen tukivarren liike), C (telanpyöritys), C1 (hiomalaikan pyöritys), J1 (S4 mitta-anturin nosto ja lasku), J2 (mittakaaren nosto ja lasku). Samalla testattiin myös manuaaliajolla toimivien liikkeiden toiminta kuten telapukkien liike sekä karalaatikon liike. Liikeakselien testauksen jälkeen voitiin testata mekaanisten rajojen toimivuus sekä määrittää niiden etupuolelle ”software raja” NC-ohjaimen asetuksissa. Softwarerajan tarkoitus on toimia ohjelmallisena rajana, jotta varsinaiselle mekaaniselle rajalle ei jouduttaisi. Jos kone ajetaan mekaaniselle rajalle, hätäseispiiri laukeaa eikä konetta voi liikuttaa ennen kuin hätäseispiiri on ohitettu avaimella.

Kun liikeakselit sekä niiden rajat saatiin asetettua, tehtiin mittalaitteen antureiden toiminnan tarkistus. Mittalaitteen mittapäitä voidaan ohjata koneen ohjauspaneelistä. Ohjaamalla voidaan ajaa mittapäitä lähemmäs (-) tai kauemmas (+) mitattavasta telasta. Jokaisessa mittapäässä on oma ultraäänianturi, jolla estetään törmäykset. Mitta-anturilla on myös karkaustoiminto: jos mittapäätä päin ajetaan, mittapää karkaa pois alta tarvittavan matkan. Mitta-antureiden arvot täytyi tarkistaa sekä alustaa PLC-ohjelmasta.

PLC-ohjelman tarkistus suoritettiin lopuksi. Tarkistuksessa käytiin läpi mm. lisälaitteiden toiminta ja sulakevirheilmoitusten testaus. Sulakkeiden testaus tehtiin kääntämällä sähköpääkeskuksesta sulakkeita pois päältä ja tarkistamalla, että oikea virheilmoitus syntyy.

Tarkistuksien jälkeen aloitettiin NC-ohjelmien testiajot. Vahinkojen minimoimiseksi ohjelmien ajot suoritettiin ilman työkappaletta. Testattavia ohjelmia olivat muun muassa hionta- ja mittausohjelmat. NC-ohjelmien testauksen yhteydessä testattiin myös lisälaitteiden toiminta. Työstettävässä koneessa lisälaitteina oli nauhahiontalaite, imuri ja jäähdytysnestejärjestelmä, joita ohjattiin NC-ohjelmissa. Kun varmistuttiin NC-ohjelmien toiminnasta, pyydettiin koneeseen testaukseen sopiva tela. Telaa aloitettiin hiomaan ja mittaamaan. Mittaus- ja hiontasyklejä suoritettiin useita, jotta varmistuttiin ohjelmien ja mittauksien toiminnasta. Testimittauksilla saadaan selville koneen mahdolliset johdevirheet, joita täytyy kompensoida, jotta hionnassa päästään haluttuun ympyrämaisyyssiin.

5 Tulokset

Telahiomakoneen modernisointityö suoritettiin onnistuneesti. Hiomakoneeseen uusittiin NC-ohjain, kenttäväyläkaapelointi, mittaussignaaliuuntimet sekä ohjauspaneeli. Ohjauspaneeliin lisättiin uutena osana teollisuus PC-käyttöliittymää varten. Nämä modernisointityöt lisäävät hiomakoneen toimintavarmuutta, sekä mahdollistavat koneen hallinnan etäyhteydellä.

6 Yhteenveto

Insinööritö tehtiin yritykselle, joka toimittaa maailmanlaajuisesti telahiomakonemodernisointeja. Modernisoitava hiomakone oli Voithin valmistajan vuonna 1990 valmistama kone. Työssä tehtiin mm. sähkösuunnittelua, PLC-ohjelmointia, sähköasennuksia, vianetsintää sekä työstökoneen hallintaa. Insinööritö sisälsi visuaalista havainnointia ja kirjallista tutkimusta aiheesta.

Hiomakoneiden modernisointi on laaja työprosessi. Modernisoinnilla hiomakoneen käyttövarmuus ja mittaustarkkuus paranevat vanhaan järjestelmään nähden. Näiden ominaisuuksien parantuminen takaa tarkemman pinnanlaadun hiottaville teloille sekä valmistettavalle paperille.

Mielestäni opinnäytetyön laajuus oli hyvä. Pääsin tekemään monipuolisesti hiomakoneen modernisointiin liittyviä töitä mm. sähkösuunnittelua, PLC-ohjelmointia, testausta sekä fyysisiä asennuksia tehtaalla. Tehty työ tukee työelämässä tarvitsemiäni taitoja.

Lähteet

1. Arjas, Antti. 1983. Paperin valmistus, Suomen paperi-insinöörien yhdistyksen oppi- ja käsikirja osa 2. Turku: Oy Turun Sanomat/Serioffset.
2. Pitkänen, Tomi. 2016. Sylinterimäisen työkappaleen mittaaminen koneistuksen aikana. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu.
3. Holma, Miika. 2016. Telahuolto- ja hiontaprosessin kehitys. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
4. Timperi, Risto. 2015. Telahiomotuotannon läpimenoajan ja laadun optimointi, Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.
5. Kenttäväylä. Verkkoaineisto. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Kentt%C3%A4v%C3%A4yl%C3%A4>>. Luettu 13.11.2019.
6. Juntunen, Marko. 2012. 3D-kompentointihionnan vaikutus vastatelojen laatuun. Opinnäytetyö. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
7. Boman, Mats. 2004. Työstökoneen ohjausjärjestelmän kehittäminen. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu.